

## Method and apparatus for determining the optical quality of a transparent plate.

**Patent number:** EP0485043  
**Publication date:** 1992-05-13  
**Inventor:** BRETSCHNEIDER JOACHIM DR ING (DE)  
**Applicant:** FLACHGLAS AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G01N21/896; G01N21/88; (IPC1-7): G01N21/89  
- **European:** G01N21/896  
**Application number:** EP19910250284 19911015  
**Priority number(s):** DE19904035168 19901106

**Also published as:**

US5210592 (A1)  
JP5209840 (A)  
FI915218 (A)  
EP0485043 (A3)  
DE4035168 (A1)

more >>

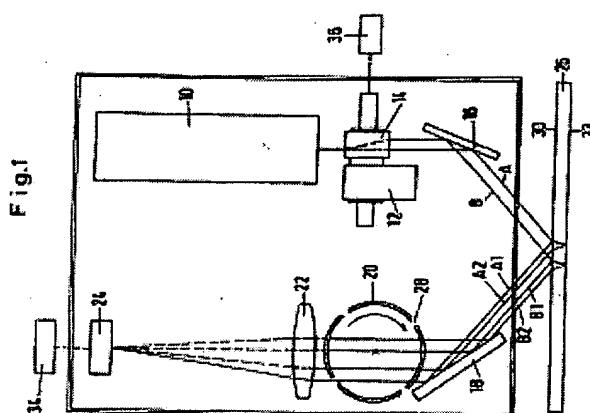
**Cited documents:**

DE2361209  
US3799679

[Report a data error here](#)

Abstract not available for EP0485043  
Abstract of corresponding document: **US5210592**

Method for determining the optical quality of a transparent plate, particularly a float glass plate, in which two parallel light beams having a reciprocal spacing are directed onto the plate under an acute angle, relative to the plate normal, the light beams reflected by the plates are received separately by a detector having a photosensitive detector and the direction of the reflected light beams is evaluated, in which all four light beams A1, A2, B1, B2 reflected by the two surfaces of the plate are received by a position-sensitive detector, the reciprocal spacing and the angle of incidence  $\epsilon_0$  of the incident light beams A, B are so adjusted as a function of the plate thickness that the reflected light beams A1, A2, B1, B2 are detected in a spatially separated manner by the detector and from the impact points of all four reflected light beams A1, A2, B1, B2 on the position-sensitive detector the parameters are calculated for the quantitative determination of the optical quality of the plate, as well as an apparatus for performing the method.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 485 043 A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 91250284.6

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: G01N 21/89

22 Anmeldetag: 15.10.91

30 Priorität: 06.11.90 DE 4035168

W-8510 Fürth(DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
13.05.92 Patentblatt 92/20

72 Erfinder: Bretschneider, Joachim, Dr. Ing.  
Gutenbergstrasse 26  
W-8480 Weiden(DE)

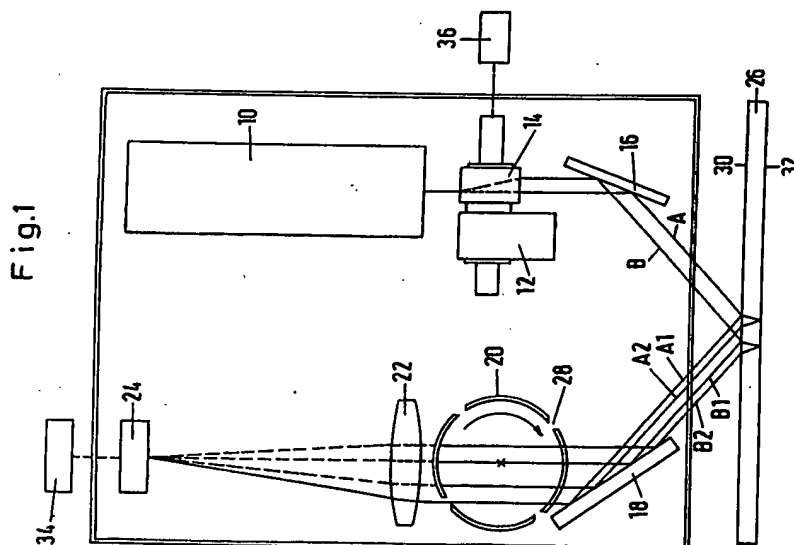
64 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Anmelder: FLACHGLAS  
AKTIENGESELLSCHAFT  
Otto-Seeling-Promenade 10-14

74 Vertreter: Goddar, Heinz J., Dr. et al  
FORRESTER & BOEHMERT  
Franz-Joseph-Strasse 38  
W-8000 München 40(DE)

54 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der optischen Qualität einer transparenten Platte.

57 Verfahren zur Bestimmung der optischen Qualität einer transparenten Platte, insbesondere einer Floatglas-scheibe, bei dem zwei parallele, einen gegenseitigen Abstand aufweisende Lichtstrahlen unter einem spitzen Winkel, bezogen auf die Plattennormale, auf die Platte gerichtet werden, die von der Platte reflektierten Lichtstrahlen separat mittels einer einen lichtempfindlichen Detektor aufweisenden Detektoreinrichtung aufgefangen werden, und die Richtung der reflektierten Lichtstrahlen ausgewertet wird, wobei alle vier von den beiden Oberflächen der Platte reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 von einem ortsauflösenden Detektor aufgefangen werden, der gegenseitige Abstand und der Einfallswinkel  $\epsilon_0$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B in Abhängigkeit von der Dicke der Platte so eingestellt werden, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 räumlich getrennt von der Detektoreinrichtung erfaßt werden, und aus den Auftrefforten aller vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor die Parameter zur quantitativen Bestimmung der optischen Qualität der Platte errechnet werden, sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der optischen Qualität einer transparenten Platte, insbesondere einer Floatglasscheibe, bei dem zwei parallele, einen gegenseitigen Abstand aufweisende Lichtstrahlen unter einem spitzen Winkel, bezogen auf die Plattennormale, auf die Platte gerichtet werden, die von der Platte reflektierten Lichtstrahlen separat mittels einer einen lichtempfindlichen Detektor aufweisenden Detektoreinrichtung aufgefangen werden, und die Richtung der reflektierten Lichtstrahlen ausgewertet wird, sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung der optischen Qualität einer transparenten Platte, mit einer Laserlichtquelle und einer Strahlteilereinrichtung zur Erzeugung von zwei einen gegenseitigen Abstand aufweisenden parallelen Lichtstrahlen, die unter einem spitzen Winkel, bezogen auf die Plattennormale, auf die Platte gerichtet werden, einer einen lichtempfindlichen Detektor aufweisenden Detektoreinrichtung zur separaten Erfassung der reflektierten Lichtstrahlen und mit einer Auswerteeinrichtung zur Bestimmung der optischen Qualität der Platte aus den Signalen der Detektoreinrichtung.

Bei der Herstellung von transparenten Platten, insbesondere aber bei der Flachglasherstellung, ist es erforderlich, die optische Qualität des produzierten Materials regelmäßig, und zwar möglichst bald nach dessen Fertigung, zu überprüfen, damit im Bedarfsfall rechtzeitig Produktionsparameter verändert oder mangelhafte Platten ausgesondert werden können.

Die Erfindung wird im folgenden ebenso wie der Stand der Technik am Beispiel der Flachglasuntersuchung erläutert. Sie ist jedoch auch zur Überprüfung der optischen Qualität anderer transparenter, plattenförmiger Produkte, z.B. aus Kunststoff, einsetzbar.

Neben der Feststellung von Glasfehlern, wie z.B. Homogenitätsschwankungen, Gasblasen oder Einschlüssen, interessiert in der Praxis vor allem die Planität der Glasoberflächen. Störungen der Planität werden vor allem senkrecht zur Ziehrichtung eines Glasbandes in Form von sogenannten Ziehstreifen beobachtet. Die Folge derartiger Planitätsabweichungen sind optische Verzerrungen, die sich in der Ablenkung von Lichtstrahlen in Reflexion und Transmission äußern.

Als quantitative Meßgröße für die optische Qualität von Glasplatten dient beispielsweise deren Brechkraft, und zwar als Reflexionsbrechkraft der einzelnen Plattenoberflächen sowie als Brechkraft in Transmission der Platte. Die Brechkraft ist dabei definiert als die Ableitung des beobachteten Winkels, also des Reflexionswinkels oder des Durchlaßwinkels, nach dem Ort. Sie ist umso größer, je stärker die Glasoberfläche lokal gekrümmt ist.

Nach dem Stand der Technik erfolgt in der Praxis eine subjektive Prüfung der optischen Qualität von Glasplatten in Form einer Begutachtung durch besonders geschultes Personal. Dabei wird Licht durch die zu untersuchende Glasplatte auf eine Projektionswand gestrahlt. Planitätsabweichungen führen zu örtlichen Helligkeitsschwankungen (Linseneffekt) und können so qualitativ bewertet werden. Andererseits gibt es schon Verfahren und Vorrichtungen zur quantitativen Bewertung der optischen Qualität von Glasplatten.

Die DE-PS 23 61 209, von der die Erfindung ausgeht, beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der optischen Qualität von Glasplatten, bei dem ein Laserlichtstrahl mit Hilfe eines Strahlteilers in zwei parallele Lichtstrahlen aufgespalten wird. Die beiden Lichtstrahlen fallen unter einem vorgegebenen spitzen Winkel, bezogen auf die Plattennormale, auf die Glasplatte und werden entweder an deren vorderer Oberfläche und anschließend an einem Hohlspiegel oder an einem hinter der Glasplatte angeordneten Hohlspiegel in Richtung auf einen lichtempfindlichen Detektor, der innerhalb einer rotierenden, trommelförmigen Schlitzblende angebracht ist, reflektiert. Ausgewertet wird der zeitliche Abstand der beiden vom lichtempfindlichen Detektor registrierten Lichtimpulse, wobei dieser zeitliche Abstand mit den Reflexionswinkeln der beiden reflektierten Strahlen korreliert. Die Schlitzblende stellt als Bestandteil der Detektoreinrichtung sicher, daß die beiden reflektierten Strahlen separat, nämlich zeitlich nacheinander, vom nicht ortsauflösenden lichtempfindlichen Detektor der Detektoreinrichtung erfaßt werden.

Das bekannte Verfahren ist nicht frei von Nachteilen. So kann mit ihm während eines Meßvorgangs lediglich eine der interessierenden Größen, also entweder nur die optische Qualität einer der beiden Glasoberflächen oder nur die Verzerrung in Transmission geprüft werden.

Für die Bewertung der optischen Qualität beider Oberflächen einer Glassplatte sowie der Ablenkung in Transmission sind drei aufeinanderfolgende verschiedene Messungen nötig, zwischen denen die Glasplatte gewendet und gereinigt werden muß. Dies führt zu einem hohen Zeitbedarf für die komplette Vermessung einer Platte. Außerdem ist nach wie vor lediglich eine qualitative oder halbquantitative Beurteilung des Meßdiagramms möglich, die durch einen erfahrenen Benutzer vorgenommen werden muß. Eine Ermittlung standardisierter Meßgrößen wie beispielsweise der Brechkraft erlaubt die bekannte Vorrichtung nicht.

Die bekannte Vorrichtung weist darüber hinaus eine erhebliche Baugröße mit allen daraus resultierenden Nachteilen auf. Sie erfordert zudem die Anordnung von Teilen der Meßvorrichtung auf beiden Glasseiten. Da die Meßgenauigkeit in hohem Maße von der Konstanz der Rotationsgeschwindigkeit der Schlitzblende abhängt, ist die bekannte Vorrichtung relativ störanfällig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das bekannte Verfahren und die bekannte Vorrichtung dahingehend zu verbessern, daß innerhalb einer kurzen Meßzeit alle wesentlichen optischen Daten einer transparenten Platte quantitativ mit einem einzigen Meßvorgang ermittelt werden können. Die erfindungsgemäße Vorrichtung soll vergleichsweise kompakt herstellbar sein; insbesondere sollen alle benötigten Vorrichtungselemente auf lediglich einer Plattenseite angebracht werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren vor, bei dem alle vier von den beiden Oberflächen der Platte reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 von einem ortsauflösenden Detektor aufgefangen werden, der gegenseitige Abstand und der Einfallswinkel  $\epsilon_0$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B in Abhängigkeit von der Dicke der Platte so eingestellt werden, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 räumlich getrennt von der Detektoreinrichtung erfaßt werden, und aus den Auftrefforten aller vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor die Parameter zur quantitativen Bestimmung der optischen Qualität der Platte errechnet werden.

Die parallelen Lichtstrahlen werden nach Möglichkeit unter einem Einfallswinkel  $\epsilon_0$  von etwa  $49^\circ$  ( $46^\circ - 52^\circ$ ), bezogen auf die Plattennormale, auf die Platte gerichtet, da bei diesem Winkel ein Maximum des Strahlabstands der reflektierten Lichtstrahlen erreicht wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 zeitlich getrennt von dem ortsauflösenden Detektor aufgefangen. Sie werden dabei vorzugsweise auf den Detektor fokussiert, da so die Ableitung der quantitativen Meßgrößen aus den Auftrefforten besonders einfach ist. Alternativ wird vorgeschlagen, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 ohne Fokussierung im wesentlichen gleichzeitig, aber räumlich getrennt, von dem ortsauflösenden Detektor aufgefangen werden.

Eine besonders aussagekräftige quantitative Bewertung der optischen Qualität der untersuchten Platte ist dadurch möglich, daß aus den Auftrefforten der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor deren Reflexionswinkel  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$  ermittelt werden, wobei aus den Reflexionswinkeln  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$  der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 und dem gegenseitigen Abstand  $a_L$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B die Reflexionsbrechkräfte beider Plattenoberflächen sowie der Ablenkungswinkel und die Brechkraft in Transmission gemäß den in Anspruch 7 angegebenen Formeln berechnet werden.

Die Vorrichtung nach der Erfindung weist insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Weiterbildung des gattungsgemäßen Standes der Technik die folgenden Merkmale auf: die Detektoreinrichtung umfaßt einen ortsauflösenden Detektor und die Auswerteeinrichtung ist zur Ermittlung der die optische Qualität der Platte charakterisierenden quantitativen Parameter aus den Auftrefforten der vier von den beiden Oberflächen der Platte reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor eingerichtet.

Damit Platten verschiedener Dicke mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung störungsfrei untersucht werden können, besteht die Strahlteilereinrichtung zur Erzeugung unterschiedlicher Abstände der einfallenden Lichtstrahlen A, B aus mindestens zwei Strahlteilern, die je nach der Dicke der untersuchten Platte in den Strahlengang des von der Laserlichtquelle ausgesandten Lichtstrahls verfahrbar sind. Alternativ oder zusätzlich ist vorgesehen, daß die Strahlteilereinrichtung einen Strahlteiler mit motorisch in Abhängigkeit von der Dicke der Platte verstellbarem Strahlabstand aufweist.

Eine besonders kompakte Vorrichtung erhält man, wenn im Strahlengang der beiden einfallenden Lichtstrahlen ein erster planer Umlenkspiegel vorgesehen ist, der die Lichtstrahlen unter einem Einfallswinkel  $\epsilon_0$  von etwa  $49^\circ$  auf die Platte richtet sowie wenn im Strahlengang der vier reflektierten Lichtstrahlen vor der Zerhackeinrichtung ein zweiter Umlenkspiegel vorgesehen ist. Dabei werden die Vorrichtungselemente vorzugsweise so angeordnet, daß die Laserlichtquelle und die Umlenkspiegel so ausgerichtet sind, daß die auf den ersten Umlenkspiegel auftreffenden Lichtstrahlen und die vom zweiten Umlenkspiegel reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 annähernd parallel, und zwar im wesentlichen parallel zur Plattennormalen der Platte, verlaufen.

Soll eine umfassende quantitative Bewertung der optischen Qualität der Platte erfolgen, so wird die Auswerteeinrichtung erfindungsgemäß zur Ermittlung der Reflexionsbrechkräfte von beiden Plattenoberflächen sowie des Ablenkungswinkels und der Brechkraft in Transmission aus den Auftrefforten der vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor und dem Strahlabstand  $a_L$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B eingerichtet.

Als Detektor kommt insbesondere ein in der Lichteinfallsebene eindimensional ortsauflösender, analoger Photodetektor zur Anwendung.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Detektoreinrichtung eine im Strahlengang der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 angeordnete Zerhackeinrichtung, wobei die Zerhackeinrichtung und die Strahlteilereinrichtung so einrichtbar sind, daß die vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 zeitlich getrennt auf dem ortsauflösenden Detektor auftreffen.

Dabei ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausschließlich im Strahlengang der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2, und zwar bevorzugt zwischen der Zerhackeinrichtung und dem ortsauflösenden Detektor, eine Fokussiereinrichtung angeordnet, in deren plattenabgewandter Brennebene sich der ortsauflösende Detektor befindet.

5 Aufgabe der Zerhackeinrichtung ist es, die vier reflektierten Lichtstrahlen nacheinander auf den ortsauflösenden Detektor auftreffen zu lassen. Eine besonders klein bauende Zerhackeinrichtung, bei der auch durch längs der Einfallsebene vorliegende Verzerrungen der Plattenoberflächen verursachte Ablenkungen der reflektierten Lichtstrahlen aus der Einfallsebene hinaus nicht zu Fehlern führen, wird durch eine  
10 Trommel mit mindestens einer parallel zur Trommelachse ausgerichteten Schlitzblende in der Trommelwand gebildet, wobei die Trommel so schräggestellt angeordnet ist, daß nur deren der Platte abgewandte Trommelwand den Strahlengang der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 unterbricht. Zur Erzielung einer hohen Meßfrequenz bei vertretbaren Umdrehungsgeschwindigkeiten der Trommel ist vorgesehen, daß mindestens vier gleichmäßig auf der Trommelwand verteilte Schlitzblenden vorhanden sind.

In einer anderen Ausführungsform ist die Strahlteilereinrichtung so einstellbar, daß die vier reflektierten  
15 Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 räumlich getrennt auf dem ortsauflösenden Detektor auftreffen, und ist der Detektor zum gleichzeitigen ortsauflösenden Auffangen der vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 eingerichtet. Der Detektor besteht in diesem Falle aus einer Vielzahl einzelner, in der Lichteinfallsebene nebeneinander angeordneter, separat abfragbarer, lichtempfindlicher Elemente.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung werden mit besonderem  
20 Vorteil für die Qualitätsprüfung von Flachglasscheiben, insbesondere von Floatglasscheiben, eingesetzt.

Die Erfindung nutzt die überraschende Erkenntnis, daß eine gleichzeitige Bewertung der Reflexionsoptik beider Plattenoberflächen sowie der Transmissionsoptik der Platte möglich ist, obwohl Lichtstrahlen lediglich auf eine Plattenoberfläche gerichtet werden und ausschließlich die reflektierten Lichtstrahlen beobachtet werden. Von besonderem Vorteil ist, daß keine Vorrichtungsteile auf der der Lichtquelle  
25 abgewandten Plattenseite benötigt werden und die Platte nicht gewendet zu werden braucht. Außerdem ist das Meßergebnis innerhalb großer Grenzen unabhängig vom Abstand der Platte von der Meßvorrichtung. Die Erfindung erreicht dabei die Lösung der Aufgabe mit verblüffend einfachen Mitteln.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann an beliebiger Stelle in der Produktionslinie untergebracht werden, da sie äußerst wenig Raumbedarf hat. Zur Durchführung von Messungen werden die transparenten  
30 Platten gleichförmig an der Meßvorrichtung vorbeitransportiert. Alternativ wird der Meßkopf selbst gegenüber der Platte verfahrbar angebracht. Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens und der Vorrichtung nach der Erfindung sind Gegenstand der diesbezüglichen Unteransprüche.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dargestellt sind in:

- Fig. 1 der schematische Aufbau der Vorrichtung,
- 35 Fig. 2 eine schematische Darstellung der einfallenden Laserstrahlen A und B und der reflektierten Laserstrahlen A1, A2, B1, und B2 für eine Glasscheibe mit ideal ebenen und planparallelen Oberflächen
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der einfallenden Laserstrahlen A und B und der reflektierten Laserstrahlen A1, A2, B1 und B2 für eine Glasscheibe mit welligen Oberflächen.

40 In Fig. 1 wird zunächst in nicht maßstäblicher Darstellung der prinzipielle Aufbau einer Vorrichtung nach der Erfindung gezeigt.

Aus einem Laser 10, beispielsweise einem Helium-Neon-Laser, tritt etwa parallel zur Plattennormalen ein Lichtstrahl aus, der in einem Strahlteiler 14 in zwei zueinander parallele Lichtstrahlen, die einen festen Abstand voneinander haben, aufgespalten wird.

45 An dieser Stelle kann alternativ Strahlteiler 12 oder Strahlteiler 14, die je nach zu messender Scheibendicke einen Strahlabstand von beispielsweise etwa 2,0 mm und 4,5 mm erzeugen, verwendet werden.

Die beiden Lichtstrahlen gelangen auf einen Umlenkspiegel 16, der die Strahlen so reflektiert, daß sie unter einem Einfallswinkel von vorzugsweise etwa  $49^\circ$  auf die Platte 26 treffen, was ein Maximum für den  
50 Abstand der reflektierten Lichtstrahlen voneinander erreichen läßt.

Durch Reflexion beider einfallender Lichtstrahlen an den beiden Plattenoberflächen 30, 32 entstehen vier reflektierte Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2, die auf den Umlenkspiegel 18 gelangen und von diesem auf die Detektoreinrichtung gelenkt werden. Diese besteht aus einer mit konstanter Geschwindigkeit rotierenden Zerhackeinrichtung 20, einer Fokussiereinrichtung (Linse) 22 sowie einem ortsauflösenden lichtempfindlichen Detektor 24.  
55

Die Linse 22 dient dazu, die vier reflektierten Lichtstrahlen auf den Detektor 24 zu bündeln, so daß alle Lichtstrahlen, wenn auch zu verschiedenen Zeiten, auf den gleichen Punkt treffen, sofern ihre Reflexionswinkel gleich sind. Die Linse 22 befindet sich vorzugsweise zwischen Zerhackeinrichtung 20 und Detektor 24.

Die Zerhackeinrichtung 20 ist eine schräg in den Strahlengang gestellte Trommel mit Schlitz 28 in der Trommelwand, über deren vorderen Rand die reflektierten Lichtstrahlen hinwegtreten können, während sie die hintere Trommelwand nur durch die Schlitz 28 passieren können.

Die Vorrichtung wird vervollständigt durch eine hier nur angedeutete Auswerteeinrichtung 34 sowie eine Steuereinrichtung 36 zur Veränderung des Strahlabstands in Abhängigkeit von der Dicke der zu untersuchenden Platte 26. Eine derartige Abstandsveränderung wird dann erforderlich, wenn bei einer bestimmten Plattendicke die reflektierten Lichtstrahlen nicht mehr alle ausreichend voneinander räumlich getrennt sind, sobald sie auf die Zerhackeinrichtung 20 auftreffen. In diesem Fall muß durch eine Erhöhung oder Erniedrigung des Strahlabstands für eine genügende Trennung der Lichtsignale Sorge getragen werden. Die Dicke der untersuchten Platte 26 wird entweder mit Hilfe einer hier nicht gezeigten Dickenmeßeinrichtung ermittelt, einer Produktionsdatenbank entnommen oder vom Bediener eingegeben.

Die Auswerteeinrichtung 34 besteht üblicherweise aus einer Signalverarbeitungsstufe zur Ermittlung der Auftrefforte der vier reflektierten Lichtstrahlen auf dem ortsauflösenden Detektor 24 sowie einer Datenverarbeitungsstufe, die aus den Auftrefforten die gesuchten optischen Größen errechnet.

Die Ermittlung der die optische Qualität der untersuchten Platte 26 bestimmenden Größen im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im folgenden an den Fig. 2 und 3 erläutert. Dabei zeigt Fig. 2 eine idealisierte Glasscheibe mit planparallelen und ungestörten Oberflächen, während in Fig. 3 die Verhältnisse bei einer Glasscheibe mit welliger Oberfläche - stark übertrieben - dargestellt sind.

Zu erkennen sind jeweils die unter einem Winkel  $\epsilon_0$  von etwa  $49^\circ$ , bezogen auf die Scheibennormale OA (Fig. 3), auf die Glasscheibe einfallenden parallelen Lichtstrahlen A, B. Diese weisen einen Abstand  $a_L$  auf. Durch Reflexion an der vorderen Scheibenoberfläche 30 entstehen reflektierte Lichtstrahlen A1, B1, die jeweils einen Winkel  $\epsilon_1$  und  $\epsilon_3$  zur Scheibennormale OA aufweisen. Entsprechend entstehen durch Reflexion an der hinteren Scheibenoberfläche 32 reflektierte Lichtstrahlen A2, B2, die die Glasscheibe mit einem Winkel von  $\epsilon_2$  bzw.  $\epsilon_4$  verlassen.

Ein Vergleich der Fig. 2 und 3 zeigt, daß im Falle einer Verzerrungen aufweisenden Glasscheibe (Fig. 3) die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 nicht wie im Falle der idealen Glasscheibe (Fig. 2) parallel verlaufen. Aus den gegenüber dem Einfallswinkel  $\epsilon_0$  geänderten Reflexionswinkeln  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ,  $\epsilon_3$  und  $\epsilon_4$  können unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung und unter der Annahme geringer Abweichungen von der Planität die folgenden, die optische Qualität bestimmenden Größen errechnet werden:

Ablenkungswinkel in Transmission

$$= \epsilon_2 - \epsilon_1$$

$$\text{Brechkraft in Transmission} = \text{const.} \cdot ((\epsilon_4 - \epsilon_3) - (\epsilon_2 - \epsilon_1)) / a_L$$

Reflexionsbrechkraft der vorderen Oberfläche (30)

$$= \text{const.} \cdot (\epsilon_3 - \epsilon_1) / a_L$$

Reflexionsbrechkraft der hinteren Oberfläche (32)

$$= \text{const.} \cdot (\epsilon_4 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_1) / a_L$$

Die so erhaltenen Meßgrößen können nun einer weiteren Auswertung unterworfen werden. So kann beispielsweise eine Umrechnung der auf einen Einfallswinkel von etwa  $49^\circ$  bezogenen Meßgrößen auf einen Einfallswinkel von  $0^\circ$  (senkrechte Inzidenz) vorgenommen werden. Darüber hinaus ist es möglich, mit Hilfe mathematischer Methoden oder durch elektronische Filterung die Brechkräfte und den Ablenkungswinkel als Funktion des Ortes in einen langwelligen und einen kurzwelligen Anteil zu separieren.

Anhand von Fig. 2 sei noch erläutert, in welcher Weise der Abstand  $a_L$  an unterschiedliche Plattendicken angepaßt werden muß. Wird nämlich die Dicke der Platte 26 gegenüber der Darstellung in Fig. 2 erhöht, so nähern sich die reflektierten Lichtstrahlen B1 und A2 einander zunehmend, bis sie schließlich bei einer bestimmten Plattendicke zusammenfallen. Da das erfindungsgemäße Verfahren nur einsetzbar ist, wenn tatsächlich vier reflektierte Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 in feststehender Reihenfolge auf dem ortsempfindlichen Detektor 24 eintreffen, muß in diesem Fall der Abstand  $a_L$  soweitverändert werden, daß wieder ein ausreichender Abstand aller vier reflektierten Lichtstrahlen, insbesondere von B1 und A2, hergestellt wird. Dies kann durch einen Wechsel der Strahlteiler 12 und 14 oder auch durch eine - motorisch gesteuerte - Verstellung des Strahlabstands  $a_L$  erfolgen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

5

## B e z u g s z e i c h e n l i s t e

=====

- |    |    |                                          |
|----|----|------------------------------------------|
| 10 | 10 | Laserlichtquelle                         |
|    | 12 | erster Strahlteiler                      |
|    | 14 | zweiter Strahlteiler                     |
|    | 16 | erster Umlenkspiegel                     |
|    | 18 | zweiter Umlenkspiegel                    |
| 15 | 20 | Zerhackeinrichtung                       |
|    | 22 | Linse                                    |
|    | 24 | ortsauffösender Detektor                 |
|    | 26 | transparente Platte                      |
|    | 28 | Schlitzblenden in der Zerhackeinrichtung |
| 20 | 30 | vordere Plattenoberfläche                |
|    | 32 | hintere Plattenoberfläche                |
|    | 34 | Auswerteeinrichtung                      |
|    | 36 | Steuereinrichtung für Strahlteiler       |

## 25 Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der optischen Qualität einer transparenten Platte, insbesondere einer Floatglasscheibe, bei dem zwei parallele, einen gegenseitigen Abstand aufweisende Lichtstrahlen unter einem spitzen Winkel, bezogen auf die Plattennormale, auf die Platte gerichtet werden, die von der Platte reflektierten Lichtstrahlen separat mittels einer einen lichtempfindlichen Detektor aufweisenden Detektoreinrichtung aufgefangen werden, und die Richtung der reflektierten Lichtstrahlen ausgewertet wird,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß alle vier von den beiden Oberflächen der Platte reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 von einem ortsauffösenden Detektor aufgefangen werden,  
 daß der gegenseitige Abstand und der Einfallswinkel  $\epsilon_0$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B in Abhängigkeit von der Dicke der Platte so eingestellt werden, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 räumlich getrennt von der Detektoreinrichtung erfaßt werden,  
 und daß aus den Auftrefforten aller vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauffösenden Detektor die Parameter zur quantitativen Bestimmung der optischen Qualität der Platte errechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einfallenden Lichtstrahlen A, B unter einem Einfallswinkel  $\epsilon_0$  von etwa 49° auf die Platte gerichtet werden.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 zeitlich getrennt von dem ortsauffösenden Detektor aufgefangen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf den ortsauffösenden Detektor fokussiert werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 ohne Fokussierung im wesentlichen gleichzeitig, aber räumlich getrennt von dem ortsauffösenden Detektor aufgefangen werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Auftrefforten der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor deren Reflexionswinkel  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$  ermittelt werden.

5 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Reflexionswinkeln  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$  der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 und dem gegenseitigen Abstand  $a_L$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B die Reflexionsbrechkraft beider Plattenoberflächen sowie der Ablenkungswinkel und die Brechkraft in Transmission wie folgt berechnet werden:

10 Ablenkungswinkel in Transmission

$$= \epsilon_2 - \epsilon_1$$

Brechkraft in Transmission

$$= \text{const.} \cdot ((\epsilon_4 - \epsilon_3) - (\epsilon_2 - \epsilon_1)) / a_L$$

Reflexionsbrechkraft der vorderen Oberfläche

15  $= \text{const.} \cdot (\epsilon_3 - \epsilon_1) / a_L$

Reflexionsbrechkraft der hinteren Oberfläche

$$= \text{const.} \cdot (\epsilon_4 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_1) / a_L$$

8. Vorrichtung zur Bestimmung der optischen Qualität einer transparenten Platte, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, mit einer Laserlichtquelle und einer Strahlteilereinrichtung zur Erzeugung von zwei einen gegenseitigen Abstand aufweisenden parallelen Lichtstrahlen, die unter einem spitzen Winkel, bezogen auf die Plattennormale, auf die Platte gerichtet werden, einer einen lichtempfindlichen Detektor aufweisenden Detektoreinrichtung zur separaten Erfassung der reflektierten Lichtstrahlen und mit einer Auswerteeinrichtung zur Bestimmung der optischen Qualität der Platte aus den Signalen der Detektoreinrichtung,

dadurch gekennzeichnet,

30 daß die Detektoreinrichtung einen ortsauflösenden Detektor (24) aufweist und daß die Auswerteeinrichtung (34) zur Ermittlung der die optische Qualität der Platte (26) charakterisierenden quantitativen Parameter aus den Auftrefforten der vier von den beiden Oberflächen (30, 32) der Platte (26) reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor (24) eingerichtet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilereinrichtung zur Erzeugung unterschiedlicher Abstände der einfallenden Lichtstrahlen A, B aus mindestens zwei Strahlteilern (12, 14) besteht, die je nach der Dicke der untersuchten Platte (26) in den Strahlengang des von der Laserlichtquelle (10) ausgesandten Lichtstrahls verfahrbar sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilereinrichtung einen Strahlteiler mit motorisch in Abhängigkeit von der Dicke der Platte (26) verstellbarem Strahlabstand aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang der beiden einfallenden von der Strahlteilereinrichtung ausgehenden Lichtstrahlen ein erster planer Umlenkspiegel (16) vorgesehen ist, der die Lichtstrahlen A, B unter einem Einfallswinkel von etwa  $49^\circ$  auf die Platte (26) richtet.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang der vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 ein zweiter Umlenkspiegel (18) vorgesehen ist.

50 13. Vorrichtung nach den Ansprüchen 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlichtquelle (10) und die Umlenkspiegel (16, 18) so ausgerichtet sind, daß die auf den ersten Umlenkspiegel (16) auftreffenden Lichtstrahlen und die vom zweiten Umlenkspiegel (18) reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 annähernd parallel, und zwar im wesentlichen parallel zur Plattennormalen der Platte (26), verlaufen.

55



14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (34) zur Ermittlung der Reflexionsbrechkkräfte von beiden Plattenoberflächen (30, 32) sowie des Ablenkungswinkels und der Brechkraft in Transmission aus den Auftrefforten der vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 auf dem ortsauflösenden Detektor (24) und dem Strahlabstand  $a_L$  der einfallenden Lichtstrahlen A, B eingerichtet ist.
15. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (24) ein in der Lichteinfallsebene eindimensional ortsauflösender, analoger Photodetektor ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektoreinrichtung eine im Strahlengang der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 angeordnete Zerkhackeinrichtung (20) umfaßt, und daß die Zerkhackeinrichtung (20) und die Strahlteilereinrichtung (12, 14, 16) so einrichtbar sind, daß die vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 zeitlich getrennt auf dem ortsauflösenden Detektor (24) auftreffen.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang der reflektierenden Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 eine Fokussiereinrichtung (22) und der ortsauflösende Detektor (24) in der plattenabgewandten Brennebene der Fokussiereinrichtung (22) ortsfest angeordnet ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussiereinrichtung (22) zwischen der Zerkhackeinrichtung (20) und dem ortsauflösenden Detektor (24) angeordnet ist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang der einfallenden Lichtstrahlen (A, B) zwischen der Laserlichtquelle (10) und der Strahlteilereinrichtung (12, 14) eine Fokussiereinrichtung zum Fokussieren der einfallenden Lichtstrahlen (A, B) auf die Zerkhackeinrichtung (20) angeordnet ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerkhackeinrichtung (20) durch eine Trommel mit mindestens einer parallel zur Trommelachse ausgerichteten Schlitzblende (28) in der Trommelwand gebildet ist, wobei die Trommel so schräggestellt angeordnet ist, daß nur deren der Platte (26) abgewandte Trommelwand den Strahlengang der reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 unterbricht.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens vier gleichmäßig auf der Trommelwand verteilte Schlitzblenden (28) vorhanden sind.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilereinrichtung (12, 14, 16) so einstellbar ist, daß die vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 räumlich getrennt auf dem ortsauflösenden Detektor (24) auftreffen, und daß der Detektor (24) zum gleichzeitigen ortsauflösenden Auffangen der vier reflektierten Lichtstrahlen A1, A2, B1, B2 eingerichtet ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der ortsauflösende Detektor (24) aus einer Vielzahl einzelner, in der Lichteinfallsebene nebeneinander angeordneter, separat abfragbarer, lichtempfindlicher Elemente besteht.

Fig.1

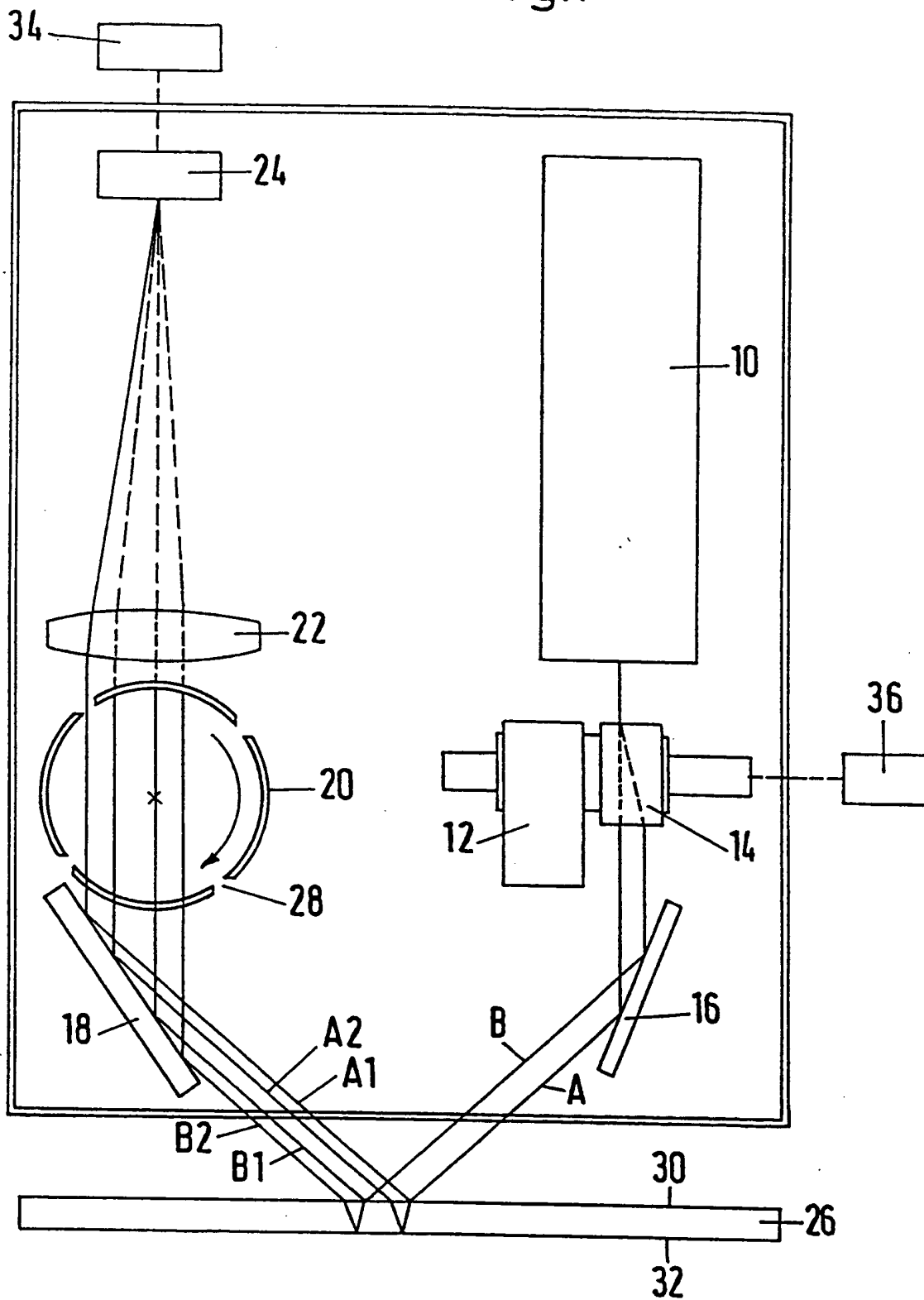


Fig.2

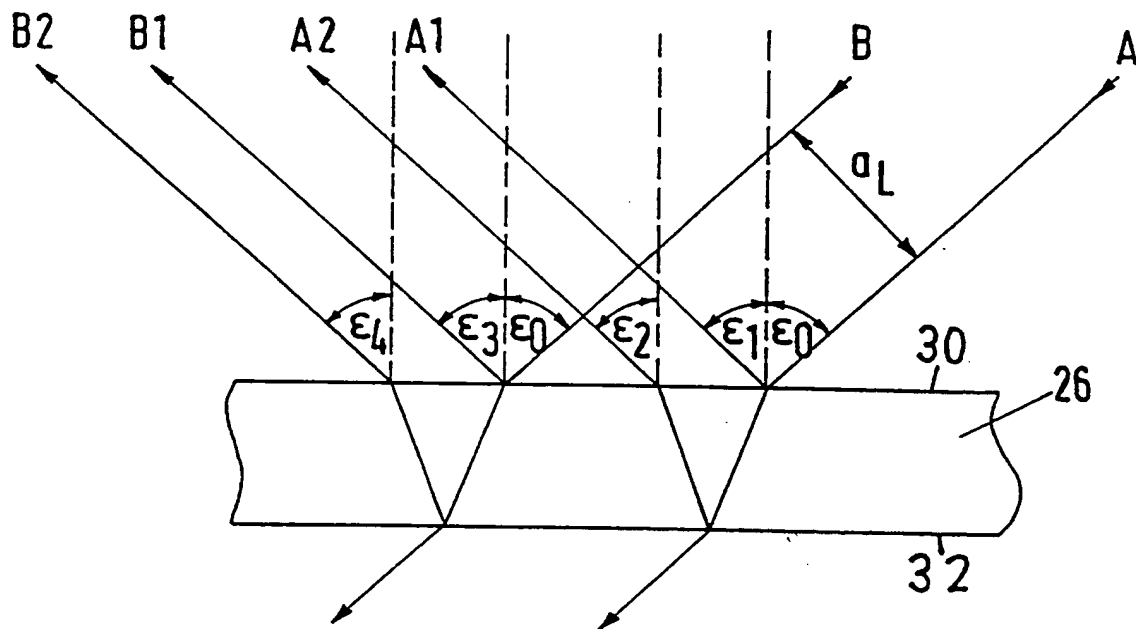


Fig.3

